

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09298340

PUBLICATION DATE : 18-11-97

APPLICATION DATE : 30-04-96

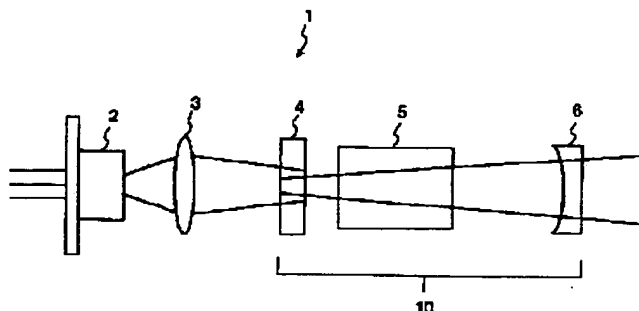
APPLICATION NUMBER : 08109396

APPLICANT : FUJI PHOTO FILM CO LTD;

INVENTOR : KUNIYASU TOSHIAKI;

INT.CL. : H01S 3/18 H01S 3/094

TITLE : LASER LIGHT EMITTING EQUIPMENT  
USING SEMICONDUCTOR LASER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To stabilize an optical output in a solid laser light emitting equipment.

SOLUTION: Laser is oscillated from a solid laser crystal 4 with a stimulation light outputted from a semiconductor laser 2 which is used as a stimulation light source. The semiconductor laser 2 has a wide stripe structure of at least 30 $\mu$ m width performs transverse multimode oscillation, and has a refractive index waveguide structure wherein an uneven surface having unevenness in a waveguide direction is formed in at least a part of a side surface of the stripe structure. The fundamental wave from the solid laser is subjected to wavelength conversion by a wavelength converting element 5, and an SHG light (blue laser) is outputted.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-298340

(43) 公開日 平成9年(1997)11月18日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	
	3/094		3/094	S

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-109396

(22) 出願日 平成8年(1996)4月30日

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 早川 利郎

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

(72) 発明者 国安 利明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

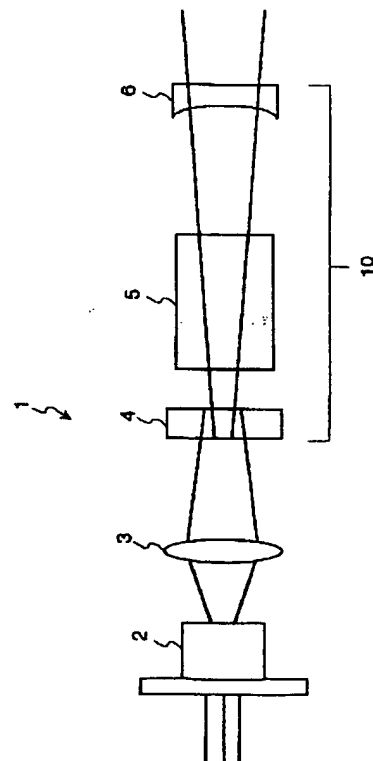
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザを用いたレーザ発光装置

(57) 【要約】

【課題】 固体レーザ発光装置において、光出力を安定させる。

【解決手段】 横多モード発振を行う $30\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ構造を有し該ストライプ構造の側面の少なくとも一部に導波方向に凹凸を有する凹凸面を形成された屈折率導波機構を有する半導体レーザ2を励起光源として、前記半導体レーザ2から出射された励起光により固体レーザ結晶4からレーザ発振させ、この固体レーザを基本波として波長変換素子5により波長変換してSHG光を出射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザを励起光源として用い、前記半導体レーザから出射された励起光により固体レーザ結晶からレーザ発振させる固体レーザ発光装置において、

前記半導体レーザが、横多モード発振を行う $30\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ構造を有する幅広ストライプ型半導体レーザであり、前記ストライプ構造の側面の少なくとも一部に導波方向に凹凸を有する凹凸面が形成された屈折率導波機構を有するものであることを特徴とする固体レーザ発光装置。

【請求項2】 前記固体レーザ結晶から出射されたレーザの光路上に、該レーザを基本波として、該基本波の波長変換を行う波長変換素子を備えたことを特徴とする請求項1記載の固体レーザ発光装置。

【請求項3】 前記半導体レーザの前記凹凸面の凹凸の深さが $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1または2記載の固体レーザ発光装置。

【請求項4】 前記半導体レーザの前記ストライプ構造側面が、前記ストライプ構造の劈開面である光出射端面から少なくとも $10\mu\text{m}$ の範囲に亘って平面状であることを特徴とする請求項1から3いずれか記載の固体レーザ発光装置。

【請求項5】 少なくとも半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたレーザを一端から入力され、他端から出力する光ファイバとを備えるレーザ発光装置において、

前記半導体レーザが、横多モード発振を行う $30\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ構造を有する幅広ストライプ型半導体レーザであり、前記ストライプ構造の側面の少なくとも一部に導波方向に凹凸を有する凹凸面が形成された屈折率導波機構を有するものであることを特徴とするレーザ発光装置。

【請求項6】 前記半導体レーザの前記凹凸面の凹凸の深さが $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項5記載のレーザ発光装置。

【請求項7】 前記半導体レーザの前記ストライプ構造側面が、前記ストライプ構造の劈開面である光出射端面から少なくとも $10\mu\text{m}$ の範囲に亘って平面状であることを特徴とする請求項5または6記載のレーザ発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザ発光装置に関し、特に詳しくは幅広ストライプ型半導体レーザを用いた発光装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、高出力・幅広発振領域半導体レーザを励起光源として固体レーザや固体レーザに非線形結晶を組み合わせて固体レーザから発振させた基本波の波長を $1/2$ の波長に変換して第二高調波を発振する

可視域の発光装置が広く知られている。

【0003】励起光源として用いられる従来の高出力・幅広発振領域半導体レーザとしては、幅広の単一ストライプレーザ、幅広のストライプレーザを複数配置したレーザアレイ、狭ストライプ単一モードレーザを複数配置したレーザアレイやこれらのストライプ間の発振モードを結合した位相同期レーザアレイなどがある。いずれも単一モードレーザでは $5\mu\text{m}$ 程度である発振幅を $20\sim 30\mu\text{m}$ 以上に拡大して高出力化を図っている。

【0004】これら従来の高出力・幅広発振領域半導体レーザにおいては、電流注入領域あるいは屈折率導波構造を規定するストライプ領域の側面は、発振に寄与しない無効電流や光の導波散乱損失を低減するためほぼ平面状となっている。

【0005】このような幅広発振領域半導体レーザは通常多くの高次横モードが混在した発振モード（横多モード）を示すため、発振出力を増していくと共振器内の高光子密度分布に起因するキャリアの空間的ホールバーニングによって容易に異なる横モードあるいはその組み合わせへ変位する。この際、近視野像、遠視野像および発振スペクトルが変化すると共に、異なる横モードの電流から光への各々の変換効率が異なるために光出力が変化する。これは、半導体レーザの電流-光出力特性においてキンクと呼ばれている現象である。もっとも、上述のような横多モード半導体レーザにおいて全出力を用いる場合には、全体としての横モード光出力は比較的安定である。また、定常的に異なるモード間でのスイッチングによる雑音が生じているが、全光量では比較的雑音である。

【0006】しかしながら、固体レーザ発光装置において半導体レーザを固体レーザの励起光として利用する場合、レンズ系を用いて集光される半導体レーザからの発振光のうちの固体レーザ共振器の発振モードと結合する成分のみが励起光として利用されるため、横モード変化により著しい強度変化を生じる。また、固体レーザの吸収スペクトルが狭い波長帯域に微細な吸収スペクトル構造を有するため、前述の横モード変化による変動に加えて発振スペクトルの変化が吸収光量の変化となり、結果として固体レーザの光出力の変動を生じる。また、半導体レーザの発振光の空間的な一部あるいは発振スペクトルの一部の光を利用することによりスイッチングに伴う高周波雑音が増大する。

【0007】上述のように、半導体レーザの横モード（空間的発振パターン）や縦モード（発振スペクトル）が変化すると固体レーザの励起光率が変化するため光出力の変動および高周波雑音が生じる。

【0008】さらに、実際の利用においては、固体レーザの光強度を変化させるため、および／または、SHGの位相マッチングをとるために温度と半導体レーザの励起電流を変化させる必要があり、この際にモード変化が

生じると発振レーザに著しい強度変動が生じる。これらはDC成分であるが、いわゆるAC成分としての雑音は定常的に生じる可能性が高い。

【0009】光出力の変動の強度や周波数スペクトルは、半導体レーザの発振光のうち利用する強度や周波数スペクトル部分、半導体レーザの励起電流および半導体レーザの個体差等に依存しているため一様ではないが、DC光に対して10%を超える強度変動を生じる場合もあり、応用上大きな障害となる。特に、高品質画像形成においては1%以下の雑音が望ましいが、通常の高出力・幅広発振領域半導体レーザにおいては1%以下の雑音レベルを再現性良く、安定に実現することは極めて困難であった。また、第二高調波を発振させるために固体レーザ結晶と非線形結晶を組み合わせるとこの雑音が非線形効果により増大されることがあるので更に低雑音化が必要となる。

【0010】ところで、上記のような固体レーザ発光装置の励起光源となる高出力・幅広発振領域半導体レーザは多モード発振のため光ビーム形状における非対称性や放射光の波面の歪みが大きく、ガスレーザなどと比べて光ビームの光学品質が劣る。また放熱を必要とするため小型化に限界がある。

【0011】そこで、半導体レーザと光ファイバとを結合させて光ファイバの出力として半導体レーザの高出力光を用いる装置が知られている。光ファイバを出力端として用いることにより、放熱を必要とする半導体レーザ部を切り放して実質的な光源部分を小型化することができるとともにファイバの伝搬モード以外の光が遮断されるためモードフィルタとなって光学的品質を向上することができる。

【0012】ファイバ出力はそのまま高出力光源として熱書き込みや医療、はんだ付けなどに利用されており、また、ファイバ出力を励起光として固体レーザの発振にも利用することができる。さらに、ファイバを光源として用いると、複数のファイバのアレイ化や結合による合波により更に高出力の光源を構成することが可能である。

【0013】半導体レーザと光ファイバを結合させた場合、集光レンズにより集光された半導体レーザからの発振光の一部が光ファイバの導波モードと結合して、ファイバ内に入射して導波される。それ故、前述の固体レーザ発光装置と同様に半導体レーザの横モード変動に起因する強度変動や横モード間スイッチングによる雑音を生じることとなる。

【0014】上述のように、半導体レーザ励起固体レーザ発光装置や固体レーザ結晶と非線形結晶を組み合わせたSHG発光装置、若しくは半導体レーザに光ファイバを結合させたレーザ発光装置は小型・光信頼性・低消費電力の光源として利用範囲を拡げつつある。それ故、光出力の変動や高周波雑音を低減された発光装置が望まれ

ている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、既に述べたように従来用いられている高出力・幅広発振領域半導体レーザは光学的安定性に欠けるところがあり、光出力の安定性や低雑音の点で十分ではないため固体レーザ発光装置の励起光源として、若しくは光ファイバと結合させた発光装置として、印刷、写真、医療画像などの高品質の画像形成に用いるには難があった。

【0016】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、光出力の安定した低雑音の発振を実現する固体レーザ発光装置および光ファイバを用いた発光装置を提供することを目的とするものである。

【0017】

【課題を解決するための手段】第一の発明に係る固体レーザ発光装置は、半導体レーザを励起光源として用い、前記半導体レーザから出射された励起光により固体レーザ結晶からレーザ発振させる固体レーザ発光装置において、前記半導体レーザが、横多モード発振を行う $30\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ構造を有する幅広ストライプ型半導体レーザであり、前記ストライプ構造の側面の少なくとも一部に導波方向に凹凸を有する凹凸面が形成された屈折率導波機構を有するものであることを特徴とするものである。

【0018】前記固体レーザ発光装置は、前記固体レーザ結晶から出射されたレーザの光路上に、該レーザを基本波として、該基本波の波長変換を行う波長変換素子を備えたものであってもよい。

【0019】前記半導体レーザの前記凹凸面の凹凸の深さが $10\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、さらに、前記半導体レーザの前記ストライプ構造側面が、前記ストライプ構造の劈開面である光出射端面から少なくとも $10\mu\text{m}$ の範囲に亘って平面状であることが望ましい。

【0020】ここで、凹凸の深さとは連続する凹凸の振幅をいう。また、ストライプ構造の側面が平面状であるというのは、その範囲においては凹凸が形成されていないことを意味する。

【0021】第二の発明に係るレーザ発光装置は、少なくとも半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたレーザを一端から入力され、他端から出力する光ファイバとを備えるレーザ発光装置において、前記半導体レーザが、横多モード発振を行う $30\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ構造を有する幅広ストライプ型半導体レーザであり、前記ストライプ構造の側面の少なくとも一部に導波方向に凹凸を有する凹凸面が形成された屈折率導波機構を有するものであることを特徴とするものである。

【0022】前記半導体レーザの前記凹凸面の凹凸の深さが $10\mu\text{m}$ 以下であることが望ましく、また、前記半導体レーザの前記ストライプ構造側面が、前記ストライプ構造の劈開面である光出射端面から少なくとも $10\mu\text{m}$ の

範囲に亘って平面状であることが望ましい。

【0023】すなわち、本発明の発光装置は、安定した横モード発振をすることのできる半導体レーザを励起光源あるいは一次光源とすることにより、固体レーザ発光装置および光ファイバと結合させたレーザ発光装置の光出力を安定化し、低雑音化したものである。

【0024】

【発明の効果】第一の発明の固体レーザ発光装置は、横多モード発振を行う $30\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ構造を有し、該ストライプ構造の側面の少なくとも一部に凹凸を有する凹凸面を形成された屈折率導波機構を有する半導体レーザを励起光源として用いることにより、半導体レーザの共振器内の位相・波面の異なる高次横モードを積極的に励起することにより、発振横モード変化に伴う強度変化を高出力領域まで効果的に抑制でき、光出力が安定し雑音が低減された励起光となり、該励起光により発振された固体レーザの光出力は、従来の半導体レーザ励起固体レーザ発光装置の光出力に比して、安定した低雑音の発振を得ることができる。特に、前記凹凸の深さが $10\mu\text{m}$ 以下である場合には安定性のよい光出力が得られる。

【0025】第二の発明の光ファイバ結合型のレーザ発光装置は、横多モード発振を行う $30\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ構造を有し該ストライプ構造の側面の少なくとも一部に凹凸を有する凹凸面を形成された屈折率導波機構を有する半導体レーザと、光ファイバとを結合させたことにより、半導体レーザの共振器内の位相・波面の異なる高次横モードを積極的に励起することにより、発振横モード変化に伴う強度変化を高出力領域まで効果的に抑制できるため、安定した低雑音のレーザ光を光ファイバに入力することができ、従来の光ファイバ結合型のレーザ発光装置に比して、光出力が安定し低雑音の光出力を得ることができる。

【0026】従って、これらのレーザ発光装置を光源として用いた画像・情報システムの品位、例えば写真や医療画像データの印刷時の画像品質を向上することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下に図面を用いて発明の具体的な実施の形態を説明する。

【0028】図1に第一の発明に係る固体レーザ発光装置の一実施形態の固体レーザ発光装置1の構成図を示す。本発明の固体レーザ発光装置1は、励起光を出射する高出力・幅広発振領域半導体レーザ2、該半導体レーザ2から出射された励起光を集光するレンズ3および集光された励起光によりレーザ発振をするNd:YAG固体レーザ結晶4、該固体レーザ結晶(発振波長 $946\text{nm}$ )4から発振されたレーザの波長を $1/2$ の波長に変換して第二高調波(波長 $473\text{nm}$ )を発生させるKNbO<sub>3</sub>非線形結晶5および前記固体レーザ結晶4の紙面左側の光入射面と共

に固体レーザ共振器10を形成する凹面鏡からなる出力ミラー6を備えるものである。なお、固体レーザ結晶4にNd:YVO<sub>4</sub>等、非線形結晶5にKTP等を用いてもよい。

【0029】まず、励起光源として用いられる半導体レーザ2について説明する。

【0030】図2は半導体レーザ2の層構成の一例の断面を模式的に示した図である。減圧MOCVD法により、n-GaAs基板21( $\text{Si}=2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  ドープ)上にn-GaAsバッファ層22( $\text{Si}=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  ドープ、 $0.5\mu\text{m}$ )、n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asクラッド層23( $\text{Si}=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  ドープ、 $2.5\mu\text{m}$ )、アンドープSCH(Separate Confinement Heterostructure)活性層24、p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asクラッド層25( $\text{Zn}=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  ドープ、 $2\mu\text{m}$ )、p-GaAsキャップ層26( $\text{Zn}=5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  ドープ、 $0.3\mu\text{m}$ )を積層する。前記SCH活性層24の構成はn-GaAs基板21側からAl<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As光ガイド層(アンドープ、 $0.05\mu\text{m}$ )、Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>As量子井戸層(アンドープ、 $8\text{nm}$ )、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As光ガイド層(アンドープ、 $0.05\mu\text{m}$ )である。

【0031】上記各層を積層後、フォトリソグラフィ法と塩素プラズマを用いたECRプラズマエッチングにより幅約 $50\mu\text{m}$ のメサ形状にエッチングを行う。メサ部以外では、p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asクラッド層25の残し厚みが $0.2\mu\text{m}$ となるようにエッチングを行い、メサ部で等価的な屈折率が高くなるようにして屈折率導波路を形成する。

【0032】ここで、メサ部の形状はウエハ表面から見たとき(図2上方から見たとき)に図3に示すようなノコギリ波型凹凸形状となるように形成した。このとき、図中a、bをそれぞれ凹凸の振幅、周期という。

【0033】図3に示すように、光出射端面から少なくとも $10\mu\text{m}$ 範囲のメサ部側面は凹凸のない平面状として、劈開により形成される端面における凹凸の位相による遠視野像のばらつきが大きくなるようにする。

【0034】メサ部作製後、プラズマCVDでSiO<sub>2</sub>膜27を形成し、フォトリソグラフィ法とエッチングによりメサ上部のSiO<sub>2</sub>膜を除去して電極窓30を形成する。その後、p型側にはAuZn/Au 28、n型側にはAuGe/Ni/Au29によりそれぞれオーミック電極を形成する。

【0035】作製したレーザの前面には劈開面とほぼ同じ反射率30%、後面には95%以上となるコーティングを施す。チップはヒートシンク上にp側電極側をボンディングする。

【0036】上記半導体レーザについて表1に示すように凹凸の振幅aと周期bが異なる数種の素子、および凹凸のない従来型素子(a=b=0)を作製してそれぞれの特性を比較した。

【0037】

【表1】

	振幅 a (μm)	周期 b (μm)
試料 1	25.0	25.0
試料 2	12.5	5.0
試料 3	5.0	5.0
試料 4	5.0	2.0
試料 5	0	0

【0038】これらの素子の水平方向の遠視野像の半値全角は10°程度であるが、このうち、遮蔽板を用いて4°の範囲の空間的部分光を光検知器に入力して電流－光出力特性を測定し、凹凸形状の振幅aに依存するキンクの出現率を観測した。

【0039】図4は、100－500 mWの範囲においてキンクが1つでもある素子の出現確率（キンク素子出現確率）を凹凸形状の振幅の関数として示したものである。また、図5は、100－500 mWの範囲におけるキンクの総数を素子数で除した1素子当たりの平均キンク個数を凹凸形状の振幅の関数として示したものである。

【0040】従来の素子（凹凸形状の振幅a=0の場合）では100－500mWの範囲において、全ての素子でモード変化によるキンクが見られ、凹凸を有する素子は従来の素子と比較してキンクが減少している。また、凹凸形状の振幅が10μm以下の素子は、キンクが少なくこの範囲が最適である。好ましくは2-10μmの振幅であり、さらに好ましくは3-8μmである。

【0041】また、25℃における各素子の電流光出力特性の測定結果を、発振閾値電流とスロープ効率を凹凸形状の振幅の関数として図6、図7にそれぞれ示す。

【0042】凹凸形状の振幅aが大きくなると光散乱による損失が増大するため閾値電流が増加し、スロープ効率が減少する。閾値電流の増加およびスロープ効率の減少は半導体レーザの特性として望ましくなく、凹凸形状の振幅が10μm以下であれば凹凸のない従来素子と比べてこれらの特性劣化を2割程度以下に抑えることができる。

【0043】次に、本発明の固体レーザ発光装置1の作用を説明する。

【0044】半導体レーザ2の発振光はレンズ3によって固体レーザ4に集光され、集光された発振光のうち固体レーザ共振器10の発振モードと結合する成分のみが励起光として用いられ、固体レーザ結晶4から発振波長946nmのレーザが励起される。固体レーザ結晶4で発振されたレーザは非線形結晶により473nmのSHG光（青色レーザ）として出力される。

【0045】本実施の形態と同様の構成の発光装置において、従来の凹凸のない従来のストライプ半導体レーザを励起光源として用いた場合の光出力および雑音の測定を行った。温度と駆動電流を変化させて出力を変えた場合に、前述の半導体レーザのキンクに対応して光出力が不連続に変化することがあり、また、1MHz以下における雑音を測定したところキンクと同様に1%を超える雑

音を発生する電流・温度の領域が見られた。

【0046】図8、9はその測定結果の一例である。

【0047】図8は駆動電流を変化させた場合の473nm SHG光強度と相対雑音強度変化を示すものであり、図9は図8中で雑音強度が1%を超えたa、bで示した箇所における1MHz以下の雑音を測定した雑音波形である。雑音波形は2値間をスイッチングするような特性を示しており、モード間スイッチングによることを示している。

【0048】一方、本発明の凹凸形状側壁を有する半導体レーザを励起光源として使用した本実施形態においては、測定限界である0.5%以上の雑音の発生は見られなかった。

【0049】このように、本発明の固体レーザ発光装置においては、安定した光出力を実現することができる。

【0050】次に、第二の発明に係る光ファイバ結合型のレーザ光源装置の一実施形態を図10に示す。本レーザ光源装置は、レーザ光を発振する上述の半導体レーザ2と該半導体レーザ2から出射されたレーザ光を平行光とするコリメタレンズ12、レーザ光を集光させる集光レンズ13および光ファイバ14からなる。

【0051】半導体レーザ2から発振されたレーザ光はコリメタレンズ12を経て集光レンズ13により光ファイバ14の一端に集光される。光ファイバ14の一端に集光されたレーザ光の一部が光ファイバ14の導波モードと結合して、ファイバ内に入射して導波される。

【0052】本実施の形態においても、前記第一の実施の形態と同様に、従来の半導体レーザを用いた場合、横モード変化に起因する強度変動や横モード間スイッチングによる雑音を生じていたが、上述の半導体レーザ2を用いることにより、雑音を著しく低減できる。

【0053】上記第二の実施の形態の光源装置により発生させたレーザ光を励起光として固体レーザの発振に利用することもでき、複数のファイバのアレイ化や結合による合波により更に高出力の光源を構成することが可能である。

【0054】上記実施の形態においては、リッジ導波路型の屈折率導波構造の半導体レーザを励起光源として示したが、本発明はリッジ導波路型半導体レーザに限定されるものではなく、一般的な屈折率導波構造の導波路の側壁に対応する部分を凹凸形状とした半導体レーザを用いることもできる。

【0055】図11に、その例としての半導体レーザの断面を模式的に示す。減圧MOCVD法により、n-GaAs基板31（Si=2×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>ドーパ）上にn-GaAsバッファ層32（Si=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>ドーパ、0.5μm）、n-InGaAsPクラッド層33（660nmに対応する組成、Si=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>ドーパ、2.5μm）、アンドープSCH（Separate Confinement Heterostructure）活性層34、p-InGaAsP第一クラッド層35（660nmに対応する組成、Zn=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>ド

ープ、 $0.2\mu\text{m}$ ）、p-InGaP 第二クラッド層36（ $\text{Zn}=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ドーパ、 $1\mu\text{m}$ ）、を積層後、塩酸を用いて、p-InGaP 第二クラッド層36を選択的にメサエッチングする。この際に図3に示すような凹凸形状にメサ部を形成する。

【0056】次に、2回目のMOCVD成長によりn-AlGaInP 電流狭窄層37を積層後、メサ上部の絶縁物マスク上に堆積した多結晶をエッチング除去し、3回目のMOCVD成長としてp-InGaP 第三クラッド層38（ $\text{Zn}=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ドーパ、 $0.5\mu\text{m}$ ）、p-GaAsキャップ層39（ $\text{Zn}=5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ドーパ、 $0.3\mu\text{m}$ ）を成長する。SCH活性層34の構成はn-GaAs基板31側からInGaAsP 光ガイド層（700nm 対応組成、アンダー、 $0.05\mu\text{m}$ ）、InGaAsP 量子井戸層（発振波長809nm に対応した組成、アンダー、8nm）、InGaAsP 光ガイド層（700nm 対応組成、アンダー、 $0.05\mu\text{m}$ ）である。

【0057】その後、p型側にはAuZn/Au 41、n型側にはAuGe/Ni/Au42によりそれぞれオーミック電極を形成した。このレーザは活性層にAlを含まない材料を用いることにより高出力における信頼性を向上したものである。

【0058】このほかにも各種の屈折率導波構造において、導波路の側壁を凹凸形状にした半導体レーザを用いることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第一の発明に係る固体レーザ発光装置の一実施形態の構成図

【図2】第一の発明に係る固体レーザ発光装置の励起光源および第二の発明にかかるレーザ発光装置の第一次光源として使用される半導体レーザの断面構造を模式的に示す説明図

【図3】図2の半導体レーザにおける導波路の平面構造の模式図を示す説明図

【図4】部分光を測定した電流・光出力特性において100-500mWの光出力域にキックのある素子の出現確立と

図3の凹凸形状の振幅との関係を示す説明図

【図5】部分光を測定した電流・光出力特性における100-500mWの光出力域における1素子あたりのキックの平均個数と図3の凹凸形状の振幅との関係を示す説明図

【図6】図3の凹凸形状の振幅と発振閾値電流との関係を示す説明図

【図7】図3の凹凸形状の振幅と電流・光出力特性におけるスロープ効率との関係を示す説明図

【図8】従来の励起用半導体レーザを用いて図1に示す固体レーザ発光装置を構成した場合の半導体レーザ励起電流とSHG光出力およびSHG光の相対雑音強度との関係を示す説明図

【図9】図8の（a）および（b）における光出力の雑音波形を示す説明図

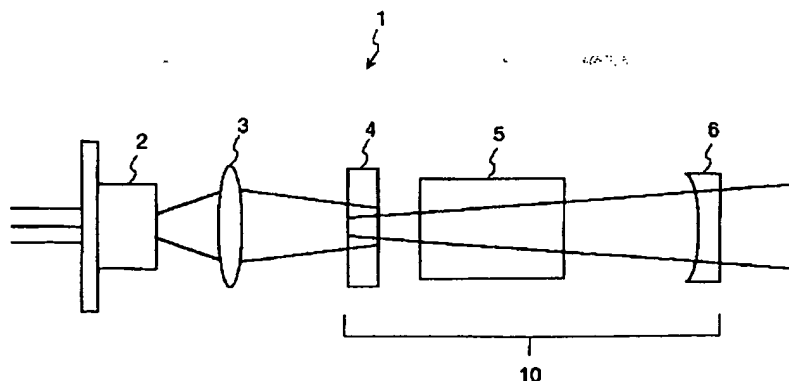
【図10】第二の発明に係るファイバ結合型のレーザ発光装置の一実施形態の構成図

【図11】本発明のレーザ発光装置において使用されうる半導体レーザの断面構造を模式的に示す説明図

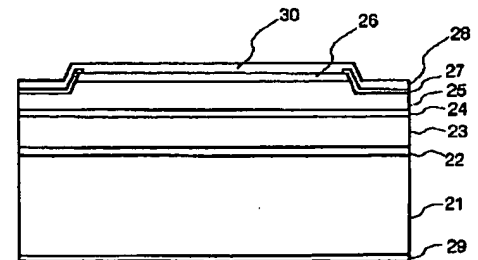
#### 【符号の説明】

- 1 固体レーザ発光装置
- 2 半導体レーザ
- 3 レンズ
- 4 固体レーザ結晶
- 5 非線形結晶
- 6 出力ミラー
- 10 共振器
- 21 n-GaAs基板
- 22 n-GaAsバッファ層
- 23 n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As量子井戸層
- 24 アンダーSCH活性層
- 25 p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asクラッド層
- 26 p-GaAsキャップ層
- 27 SiO<sub>2</sub>膜
- 28、29 電極

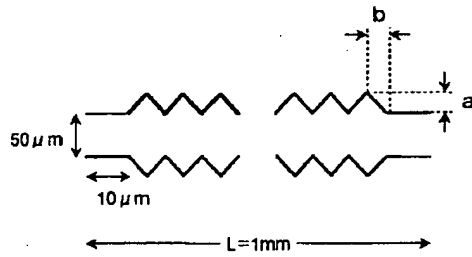
【図1】



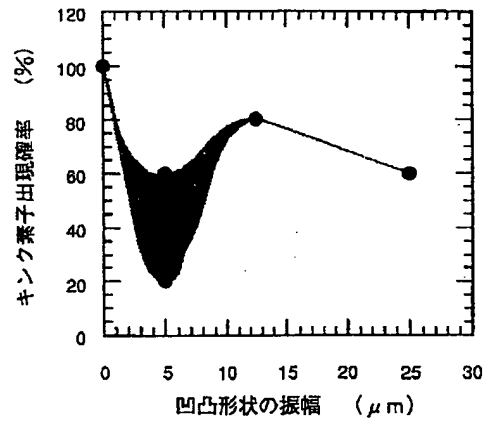
【図2】



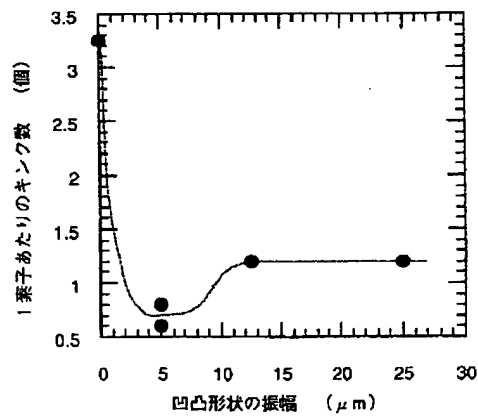
【図3】



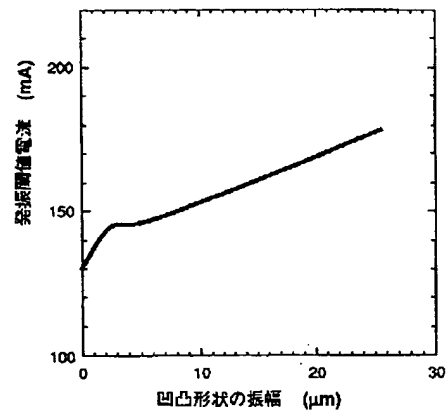
【図4】



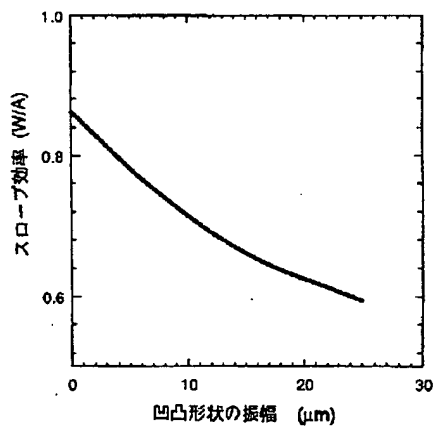
【図5】



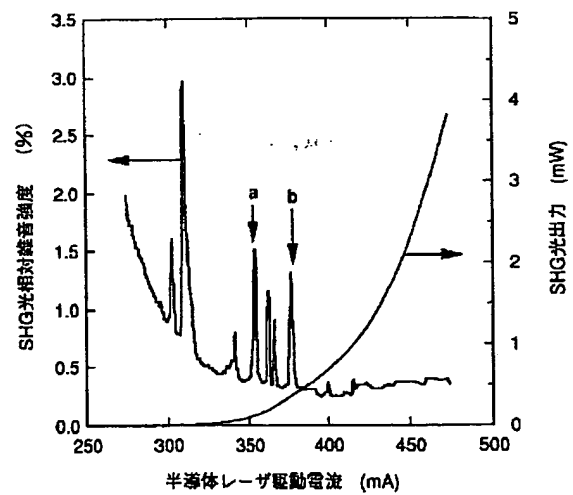
【図6】



【図7】

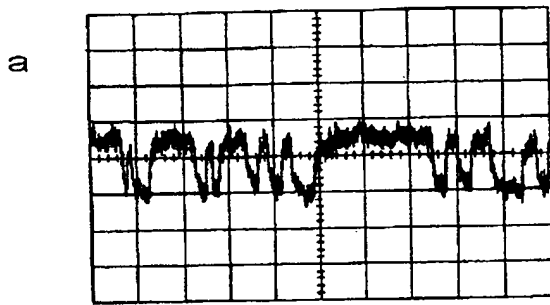


【図8】



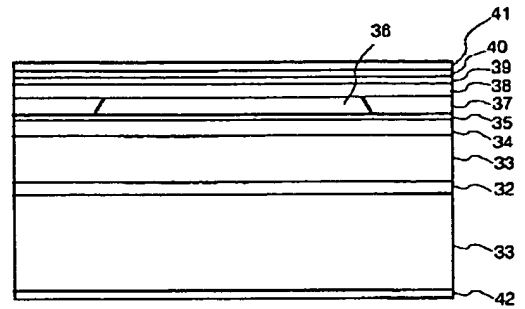


【図9】

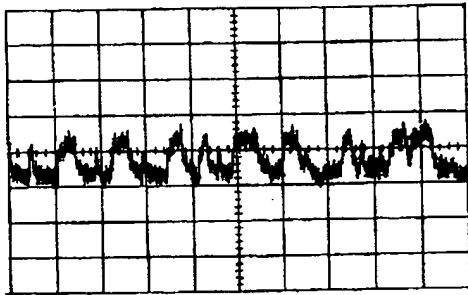


0.5 msec/div

【図11】



b



0.5 msec/div

【図10】

